第 38 卷第 5 期
2018 年 3 月

生　态　学　报
ACTA ECOLOGICA SINICA

Vol.38,No.5
Mar.,2018

DOI: 10.5846/stxb201703010329
曾娟,姜玉英,刘杰.我国草地螟发生间歇期的区域格局变化.生态学报,2018,38(5):1832-1840.
Zeng J,Jiang Y Y, Liu J.The regional pattern of *Loxostege sticticalis* L. varied during a new occurrence intermission in China.Acta Ecologica Sinica,2018,38(5):1832-1840.

我国草地螟发生间歇期的区域格局变化

曾　娟*,姜玉英,刘　杰
全国农业技术推广服务中心,北京　100125

摘要:2010—2016 年我国草地螟一直维持总体轻发态势。为从长时间序列上分析连续轻发年份的历史地位,以 1979 年以来第 2、3 个暴发周期及其之间的间歇期为对照,分析了 2010—2016 年草地螟连续轻发的特点,即全国种群规模维持在历史低位,西北地区发生面积和比率加大,发生区域向西部缩减,提示我国草地螟种群发生已进入间歇期。分析了 1979—2016 年时间序列上华北、东北、西北 3 个地区的发生情况对全国的影响,结果表明:(1)华北地区、东北地区的发生面积自然对数值与全国发生面积自然对数值呈极显著的线性正相关,即华北、东北地区与全国发生趋势的年际波动完全一致;(2)西北地区发生面积自然对数值与全国的线性相关性达显著水平,但在不同的历史阶段西北地区与全国的波动趋势有明显差别;(3)自第 3 个暴发周期的 2005 年以后,西北地区的波动曲线逐渐与全国趋同,推测这一变化与新疆种群的建立和发展有关。
关键词:草地螟;间歇期;西北地区;相关性

The regional pattern of *Loxostege sticticalis* L. varied during a new occurrence intermission in China

ZENG Juan*,JIANG Yuying, LIU Jie
National Agro-Technical Extension and Service Centre of China, *Beijing* 100125, *China*

Abstract: In China, the occurrence trend of the meadow moth *Loxostege sticticalis* L. remained low during the period 2010—2016. In order to reveal the historical status of these low-occurrence years, we analyzed the temporal and spatial characteristics of this new period, using second and third outbreak periods (1979—1985 and 1996—2009) and the intermission between them (1986—1995) as controls. Our results indicated that the new occurrence period (2010—2016) showed the same characteristics as intermission period by significance analysis of difference among four periods. (1) On comparison of the annual occurrence area in China among the four periods, we detected no significant difference between the 2010—2016 and 1986—1995 period, whereas there was a significant difference between these two periods and the other two outbreak periods. (2) On comparison of the annual occurrence areas in North China (NC), Northeast China (NEC), and Northwest China (NWC) among the four periods, we found that NC and NEC showed the same trend as the whole country, as the annual mean occurrence area in the 1996—2009 and 1979—1985 periods was significantly higher than that in the 1986—1995 and 2010—2016 periods. However, NWC showed obvious inconsistencies with the whole country, as its annual mean occurrence area was highest in the 2010—2016 period, moderate in the 1996—2009 and 1979—1985 periods, and lowest in the 1986—1995 period. (3) On comparison of the annual occurrence ratios of NC, NEC, and NWC with that in the whole country among the four periods, we found that NC sustained a considerably high occurrence ratio in each period, although the differences were not significant. Furthermore, the occurrence ratio of NEC in the 1996—2009 period was

基金项目:公益性行业(农业)科研专项(201303026)
收稿日期:2017-03-01;　**网络出版日期**:2017-11-21
*通讯作者 Corresponding author.E-mail: zengjuan@ agri.gov.cn

significantly higher than that in the 1986—1995 and 2010—2016 periods, and the occurrence ratio of NWC in the 2010—2016 period was significantly higher than that in the other three periods. The analysis of annual occurrence regions (counties) and the ratio of NC, NEC and NWC in 2010—2016 compared with 2006 (low occurrence) and 2009 (high occurrence), revealed a northwestward reduction in the occurrence distribution during the new period. These results indicated that the meadow moth had already entered a new intermission period after 2010 in China. In the time period from 1979 to 2016, the correlations of occurrence in NC, NEC and NWC with that in the whole of China were individually analyzed. The results obtained were as follows. (1) The natural logarithm (ln) of the occurrence area in NC and NEC was positively correlated with that of the whole China, showing the same fluctuating pattern in annual dynamics. (2) The ln of the occurrence area in NWC was also positively correlated with that of the whole China, but showed different fluctuations during some periods. (3) Since 2005, the fluctuation in NWC occurrence has gradually approached that of the whole China, which was deduced in connection with the establishment and development of a population in Xinjiang.

Key Words: *Loxostege sticticalis* L.; intermission; Northwest China; correlation

草地螟(*Loxostege sticticalis* L.)是一种大范围迁飞性害虫,具有间歇性暴发的特点,其种群主要是在农牧交错区进行繁殖,只有当种群规模增大到一定程度时,才会大量迁入农区为害农作物[1]。在我国,新中国成立以来草地螟已经出现了 3 个暴发为害周期[2],第 1、2 个暴发周期分别是在 1953—1959 年、1979—1985 年;第 3 个暴发周期则是从 1996 年开始[3],并于 1999 年[4]、2002 和 2003 年[5]、2004 年[6]、2008 年[7]在我国北方农牧区大面积暴发、造成严重危害。自 2008 年 2 代幼虫大范围暴发、2009 年 1 代幼虫种群骤减[8]后,近年来我国草地螟一直处于总体轻发状态[9-14],2016 年我国草地螟种群规模持续缩减,是自 1996 年开始的第 3 个暴发周期以来发生最轻的一年。此前关于我国草地螟暴发周期的特征分析,主要由年度(幼虫)发生面积[2,15]和重要发生区灯下诱蛾数据[15]的比较得出;在两个暴发周期之间,主要发生区大范围内种群剧烈缩减、田间为害程度轻的年份被称为间歇期[15]。与暴发周期内的大发生年份相比,关于间歇期内草地螟发生情况的记载和发生特征的分析较少。

已有研究分析了我国草地螟 1949—2012 年发生面积的时间序列和 2006—2012 年发生轻重年份之间的时空分布差异[16],论证了可采用年度发生(幼虫)面积作为判断长时间序列上轻重年份发生程度的主要量化指标,同时年度内各区域、各代次、各虫态的发生期、发生盛期有效持续时间、发生区域数量等可作为判断轻重年份时空分布特征的具体指标。这些指标除了用于分析同一个暴发周期内不同年份间的发生程度差异,同样也适用于分析间歇期年份与暴发期年份之间的差异,且这些指标的差异会体现得更为明显。鉴于 2010 年以来我国草地螟一直处于总体轻发状态,而鲜有关于应用量化指标判断第 3 个暴发周期是否结束、草地螟种群是否进入间歇期的报道,因此,总结分析了 2010—2016 年草地螟连续轻发的具体指标,旨在明确第 3 个暴发周期后我国草地螟种群规模在长时间序列中的历史地位,探索不同历史阶段草地螟发生的区域格局,以期为研究草地螟种群发生的周期年度变化规律提供依据。

1　材料与方法

1.1　1979—2016 年发生面积和 3 个地区发生比率

草地螟虫情资料系全国农业技术推广服务中心收集整理。1979—2016 年全国各省(自治区、直辖市)草地螟(幼虫)年度发生面积资料分为两个阶段,其中 1979—1995 年数据引自《全国植保专业统计资料》,该时间段内年度发生面积由“大豆草地螟”、“其他粮作草地螟”和“其他经作草地螟”发生面积合计得出;1996—2016 年数据由各省(自治区、直辖市)草地螟年度发生统计表中各代次(幼虫)在农田、林地、草场的发生面积数据合计得出。分别统计每年度全国草地螟发生面积,以及华北地区(包括内蒙古、山西、河北、北京、天津)、东北地区(包括辽宁、吉林、黑龙江)、西北地区(包括陕西、宁夏、甘肃、新疆)3 个地区草地螟发生面积及其在

全国发生面积中的比率。

根据我国草地螟发生面积数据所处历史阶段差异,按第 2 个暴发期(1979—1985 年)、间歇期(1986—1995 年)、第 3 个暴发期(1996—2009 年)和暴发后连续轻发期(2010—2016 年)分成 4 个年度组。同一年度组内,计算全国年平均发生面积及其标准误、3 个地区年平均发生面积及其标准误和 3 个地区年平均发生面积占全国比率及其标准误,并利用 DPS 9.50 软件对以上 7 组数据在 4 个年度组之间的差异进行 Tukey 法多重比较,分别检测在 $P\leqslant0.05$ 显著水平和 $P\leqslant0.01$ 显著水平上的差异显著性。

1.2　2010—2016 年 3 个地区发生区域分布

由于 2006 年之前我国草地螟发生区域(县级)数量无可用记载,因此以第 3 个暴发周期内轻发生的 2006 年和重发生的 2009 年(轻、重年份的定义参见文献 14)为对照,分析 2010—2016 年越冬代成虫和 1 代幼虫(主要为害世代)发生区域(县级)数量在华北、东北和西北 3 个地区之间的分布情况。全国和 3 个地区的数据由各省(自治区、直辖市)草地螟年度发生统计表中相应代次和虫态的发生区域数量统计而得。

1.3　3 个地区与全国发生相关性分析

在 Excel 中,将 1979—2016 年全国、华北地区、东北地区、西北地区的草地螟年度发生面积(hm^2)转换为自然对数值并进行时间序列分析。利用 DPS 9.50 软件,对 3 个地区与全国年度发生面积自然对数值分别进行相关性分析,计算得出线性方程及相关指数。

2　结果与分析

2.1　2010—2016 年的轻发特征

2.1.1　全国种群规模维持在历史低位

根据我国 1979—2016 年我国草地螟(幼虫)发生面积统计结果,第 2 个暴发周期(1979—1985 年)年度发生面积幅度为(67.86—678.52)$\times10^4 hm^2$,平均值为 218.02$\times10^4 hm^2$;第 2、3 个暴发周期之间的间歇期(1986—1995 年)年度发生面积幅度为(1.52—18.24)$\times10^4 hm^2$,平均值为 5.28$\times10^4 hm^2$;第 3 个暴发周期(1996—2009 年)年度发生面积幅度为(42.14—1256.19)$\times10^4 hm^2$,平均值为 377.49$\times10^4 hm^2$;而 2010—2016 年年度发生面积幅度为(1.62—62.65)$\times10^4 hm^2$,平均值为 24.93$\times10^4 hm^2$。因此,2010—2016 年年度发生面积的平均值不但远远低于第 2、3 个暴发周期内的平均值,并且仅为第 2、3 个暴发周期内年度发生面积最低值的 1/3—1/2。

Tukey 法多重比较分析 4 个年度组的年度平均发生面积(图 1)显示,同处于暴发期的 1979—1985 年与 1996—2009 年的 2 个年度组之间,在 $P\leqslant0.05$ 显著水平和 $P\leqslant0.01$ 显著水平上均无差异,而这两者与处于间歇期的 1986—1995 年以及 2010—2016 年的差异达到极显著水平($P\leqslant0.01$);处于间歇期的 1986—1995 年与总体轻发的 2010—2016 年 2 个年度组之间,在 $P\leqslant0.01$ 和 $P\leqslant0.05$ 显著水平上均无差异。

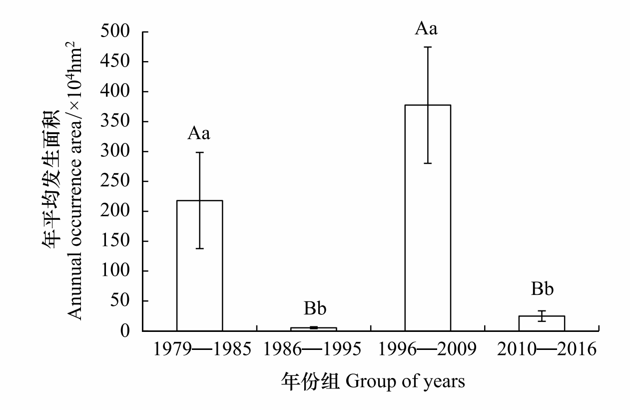


图 1　不同历史阶段我国草地螟年度发生面积比较

Fig. 1　Annual occurrence area of meadow moth in different historical periods in China

2.1.2　西北地区发生面积和比率加大

Tukey 法多重比较分析 3 个地区 4 个年度组的年度平均发生面积(图 2)显示,华北地区和东北地区的比较结果与全国基本一致,即同处于暴发期的 1979—1985 年与 1996—2009 年的 2 个年度组之间,在 $P\leqslant0.05$ 显著水平和 $P\leqslant0.01$ 显著水平上均无差异,而这两者与处于间歇期的 1986—1995 年以及 2010—2016 年的差异达到极显著水平($P\leqslant0.01$);处于间歇期的 1986—1995 年与总体轻发的 2010—2016 年 2 个年度组之间在 $P\leqslant0.05$ 显著水平和 $P\leqslant0.01$ 显著水平上均无差异。而西北地区在 4 个年度组的比较结果与全国不同,

以全国总体轻发的 2010—2016 年的年度发生面积最高,其次是同处于暴发期的 1979—1985 年与 1996—2009 年的 2 个年度组,最低的是处于间歇期的 1986—1995 年;2010—2016 年与处于暴发周期的 2 个年度组之间、处于暴发周期的 2 个年度组相互之间、以及处于暴发周期的 2 个年度组与处于间歇期的 1986—1995 年之间,在 $P≤0.05$ 显著水平和 $P≤0.01$ 显著水平上均无差异,但 2010—2016 年与 1986—1995 年之间的差异达到极显著水平($P≤0.01$)。

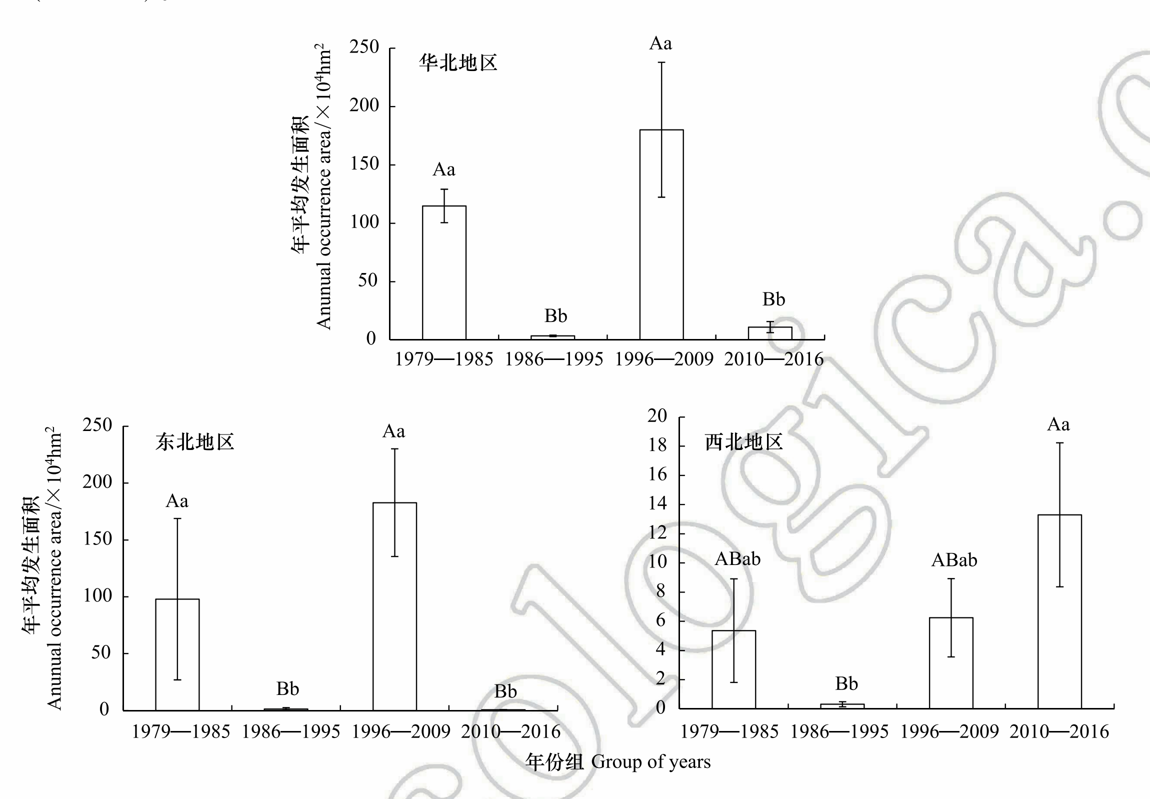


图 2　不同历史阶段 3 个地区草地螟年度发生面积比较

Fig.2　Annual occurrence area of meadow moth in different historical periods of North China, Northeast China and Northwest China

Tukey 法多重比较分析 3 个地区 4 个年度组的年度平均发生面积占全国比率(图 3)显示,华北、东北和西北地区的对比结果迥异。其中,华北地区年度平均发生面积占全国比率,1979—1985 年与 1986—1995 年为 74%左右,1996—2009 年为 51.83%,2010—2016 年为 45.42%,4 个年度组在 $P≤0.05$ 显著水平和 $P≤0.01$ 显著水平上均无差异,提示在不同的历史阶段华北地区的发生面积比率总体较高,并保持相对稳定,但第 3 个暴发周期以来占比有略微下降的趋势。东北地区年度平均发生面积占全国比率,以第 3 个暴发周期(1996—2009 年)的 45.22%为最高,其次是第 2 个暴发周期(1979—1985 年)的 24.41%, 处于间歇期的 1986—1995 年和总体轻发的 2010—2016 年分别为 14.71%和 2.53%;第 3 个暴发周期年度组与第 2 个暴发周期的年度组之间、第 2 个暴发周期年度组与 1986—1995 年以及 2010—2016 年之间、以及 1986—1995 年与 2010—2016 年之间,在 $P≤0.05$ 显著水平和 $P≤0.01$ 显著水平上均无差异,但第 3 个暴发周期年度组与 1986—1995 年和 2010—2016 年之间的差异达到极显著水平($P≤0.01$),提示东北地区在暴发周期中发生面积比率较高,在间歇期中发生面积比率较低,且自 2010 年以来比率大大降低。西北地区年度平均发生面积占全国比率与东北地区正好相反,以总体轻发的 2010—2016 年的 52.05%为最高,其次是处于间歇期的 1986—1995 年的 8.92%,第 3 个暴发周期(1996—2009 年)和第 2 个暴发周期(1979—1985 年)分别为 2.26%和 1.63%,且 2010—2016 年与其他 3 个年度组的差异达到极显著水平($P≤0.01$),而其他 3 个年度组之间在 $P≤0.05$ 显著水平和 $P≤0.01$ 显著水平上均无差异,提示西北地区在暴发周期中发生面积比率较低,在间歇期中发生面积比率较高,且自 2010 年以来比率大大提高,甚至已超过华北地区。

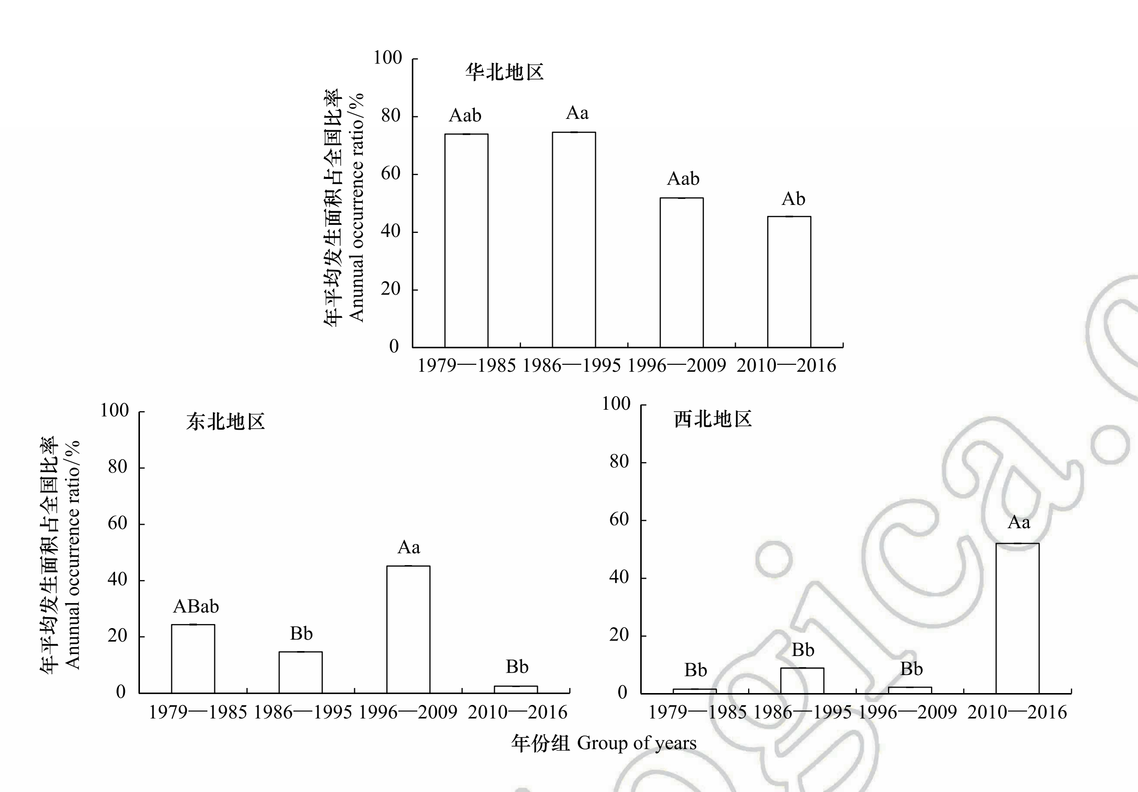


图 3　不同历史阶段 3 个地区草地螟年度发生面积占全国比率比较

Fig.3　Annual occurrence ratio of meadow moth in different historical periods of North China, Northeast China and Northwest China

2.1.3　发生区域缩减至西部

以每年度草地螟越冬代成虫和 1 代幼虫的全国合计发生县(市、区)数量为评价指标(表 1),2010—2016 年的相应数量均不及 2009 年的 1/3,且 2015、2016 年越冬代成虫以及 2010、2015、2016 年 1 代幼虫的全国合计发生县(市、区)数量甚至不及 2009 年的 1/5,说明 2010—2016 年草地螟发生区域数量大大少于重发的 2009 年。2010—2016 年草地螟越冬代的全国合计发生区域数量均多于 2006 年,偏多 44.1%—132.4%;1 代幼虫的全国合计发生区域数量与 2006 年相比,2010、2015、2016 年分别偏少 14.7%、35.3%、47.1%,2011—2014 年偏多 20.6%—55.9%,说明 2010—2016 年发生区域数量总体接近轻发的 2006 年。

进一步分析发生区域在 3 个地区的分布情况发现,2010—2016 年与第 3 个暴发周期内轻发的 2006 年、重发的 2009 年之间均有差异。其中,2006 年华北、东北、西北地区越冬代成虫和 1 代幼虫的发生区域比率相同,分别为 76.5%、5.9%、17.6%;2009 年华北、东北、西北地区越冬代成虫发生区域比率分别为 55.6%、37.5% 和 6.9%,1 代幼虫发生区域比率分别为 21.7%、68.4% 和 9.9%;2010—2016 年华北、东北、西北地区越冬代成虫发生区域比率分别为 48.6%—57.5%、5.8%—13.3%、30.1%—42.9%,1 代幼虫发生区域比率分别为 31.7%—54.7%、4.5%—19.5%、32.1%—56.1%。由此可见,无论是越冬代成虫还是 1 代幼虫,无论是暴发周期内的轻、重年份还是暴发周期后的年份,华北地区发生区域比率均稳定维持在较高水平;东北地区的越冬代成虫和 1 代幼虫发生区域比率在重发的 2009 年偏高,在轻发的 2006 年和 2010—2016 年偏低;西北地区与东北地区正好相反,其越冬代成虫和 1 代幼虫发生区域比率在重发的 2009 年低,在轻发的 2006 年和 2010—2016 年高,且 2012、2015 年的越冬代成虫发生区域比率已经接近华北地区,2010—2012 年、2014—2016 年 1 代幼虫发生区域比率已经超过华北地区。因此,与第 3 个暴发周期的重发年份 2009 年相比,2010—2016 年越冬代成虫和 1 代幼虫的发生区域在总体数量锐减的同时,在空间分布上具有由东北地区向西北地区转移的趋势;这种发生区域缩减至西部的趋势,也体现在暴发周期内的轻发年份(2006 年),但向西转移的程度不如 2010—2016 年。

表 1　2010—2016 年 3 个地区草地螟主害代发生县(市、区)数量和比率及其与暴发周期内轻、重年份的比较

Table 1　Annual occurrence regions (counties) and ratio of meadow moth of North China, Northeast China and Northwest China in 2010—2016 with comparison of 2006 (mild occurrence) and 2009 (severe occurrence)

虫态 Stage of insect	年份 Year	发生区域数量 Number of counties				占全国比率 Ratio of total/%		
		华北地区 North China	东北地区 Northeast China	西北地区 Northwest China	全国合计 Total of China	华北地区 North China	东北地区 North China	西北地区 North China
越冬代成虫 Overwintering generation adult	2006	26	2	6	34	76.5	5.9	17.6
	2009	145	98	18	261	55.6	37.5	6.9
	2010	40	7	23	70	57.1	10.0	32.9
	2011	45	8	26	79	57.0	10.1	32.9
	2012	34	7	29	70	48.6	10.0	41.4
	2013	42	9	22	73	57.5	12.3	30.1
	2014	38	10	27	75	50.7	13.3	36.0
	2015	25	3	21	49	51.0	6.1	42.9
	2016	29	3	20	52	55.8	5.8	38.5
1 代幼虫 1st generation larva	2006	26	2	6	34	76.5	5.9	17.6
	2009	33	104	15	152	21.7	68.4	9.9
	2010	10	4	15	29	34.5	13.8	51.7
	2011	13	8	20	41	31.7	19.5	48.8
	2012	14	4	23	41	34.1	9.8	56.1
	2013	29	7	17	53	54.7	13.2	32.1
	2014	17	5	23	45	37.8	11.1	51.1
	2015	9	1	12	22	40.9	4.5	54.5
	2016	7	3	8	18	38.9	16.7	44.4

2.2　3 个地区与全国发生的相关性

2.2.1　华北地区

1979—2016 年,华北地区与全国的草地螟发生面积自然对数值的时间序列高度一致(图 4)。在 38 年的时间序列上,不管是第 2、3 个暴发周期,还是间歇期,华北地区与全国发生面积自然对数值两条曲线的峰型完全一致,出现峰值和谷值的年份完全相同,且每一年份华北地区和全国的数值比较接近。相关性分析表明,两者之间呈极显著的正相关(相关系数 $R_{0.01}=0.9730$),其线性方程为:

$$y = 0.2996 + 0.9300x_1 \quad (F=640.1364;\ df=1,36;\ R^2=0.9468;\ P=10^{-7}) \qquad (1)$$

式中,y 为全国发生面积自然对数值,x_1 为华北地区发生面积自然对数值。

2.2.2　东北地区

1979—2016 年,东北地区与全国的草地螟发生面积自然对数值的时间序列一致性程度较高(图 4)。在 38 年的时间序列上,东北地区与全国发生面积自然对数值两条曲线的峰型基本一致,出现峰值和谷值的年份基本相同。与全国相比,东北地区在第 2 暴发周期后期(1983—1985 年)、间歇期(1986—1995 年)以及第 3 暴发周期之后(2010—2016 年)的下降趋势更为明显;而在第 2 暴发周期前期(1979—1982 年)和整个第 3 暴发周期(1996—2009 年),东北地区与全国的数据点比较接近。相关性分析表明,两者之间呈极显著的正相关(相关系数 $R_{0.01}=0.9212$),其线性方程为:

$$y = -9.0449 + 1.5218x_2 \quad (F=196.0938;\ df=1,35;\ R^2=0.8485;\ P=10^{-7}) \qquad (2)$$

式中,y 为全国发生面积自然对数值,x_2 为东北地区发生面积自然对数值。

2.2.3　西北地区

1979—2016 年,西北地区与全国的草地螟发生面积自然对数值的时间序列有一定的一致性,但部分阶段差异较大(图 4)。具体表现为:1)在第 2、3 个暴发周期的前期(1979—1981 年、1996—2001 年),西北地区的

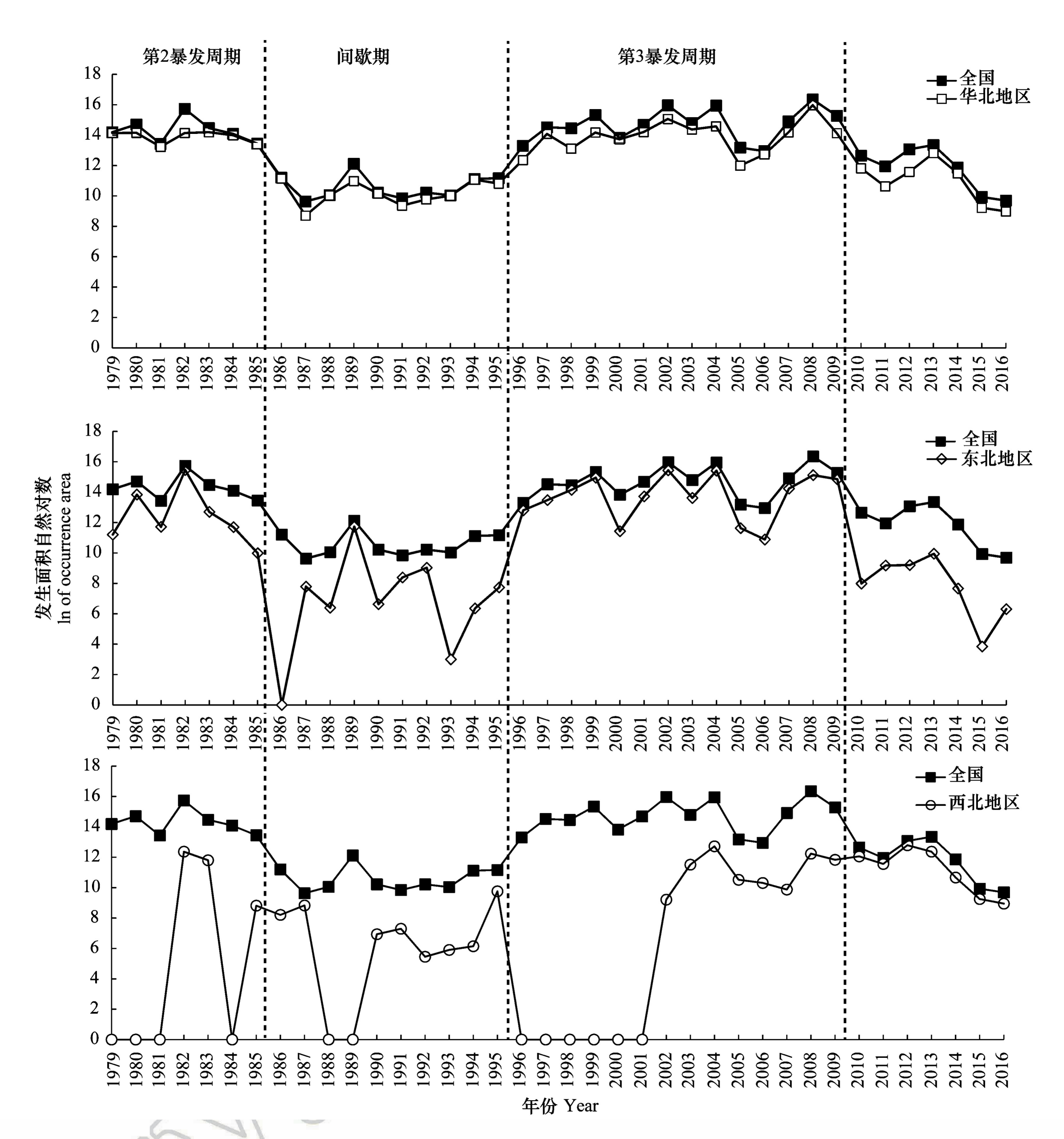


图 4 1979—2016 年华北、东北和西北地区与全国草地螟发生面积自然对数值时间序列

Fig.4 Natural logarithm (ln) of annual occurrence area of meadow moth of North China, Northeast China and Northwest China during 1979—2016

草地螟发生水平极低,与全国草地螟种群整体处于上升趋势不吻合。2)在第 2 个暴发周期后期(1982—1985 年),西北地区比全国下降趋势更为明显。3)在第 2、3 个暴发周期之间的间歇期(1986—1995 年),西北地区对应曲线的波动趋势与全国正好相反,即西北地区的峰值对应全国的谷值(1987、1991、1995 年),西北地区的谷值对应全国的峰值(1989、1992 年)。4)自第 3 个暴发周期的 2005 年以后,西北地区对应曲线的波动逐渐与全国趋同,特别是自 2010 年连续轻发以后,西北地区与全国的数据点比较接近。相关性分析表明,两者之间具有一定的线性相关性(相关系数 $R_{0.05}=0.7010$),其线性方程为:

$$y = 1.0775 + 0.6973x_3 \; (F=23.1828;\; df=1,24;\; R^2=0.4913;\; P=6.6498\times10^{-5}) \quad (3)$$

式中,y 为全国发生面积自然对数值,x_3 为西北地区发生面积自然对数值。

3　结论与讨论

3.1　我国草地螟种群自 2010 年进入发生间歇期

在 1979—2016 年的长时间序列上,根据对我国草地螟(幼虫)发生面积在不同历史阶段的比较结果,2010—2016 年年度发生面积的平均值不但远远低于第 2、3 个暴发周期(1979—1985 年、1996—2009 年)内的平均值,并且仅为第 2、3 个暴发周期内年度发生面积最低值的 1/3—1/2。尽管 2010—2016 年年度发生面积的幅度和平均值高于第 2、3 个暴发周期之间的间歇期,但 Tukey 法多重比较分析显示 2010—2016 年与间歇期之间无显著性差异,而与 2 个暴发期年度组的差异已达极显著水平,因而推断 2010—2016 年的种群发生总体规模已接近间歇期。此外,考虑到 1986—1995 年的间歇期以 10 年的数值为基础,而 2010—2016 年只是第 3 个暴发周期结束以后的间歇期的一部分,2014—2016 年连续 3 年呈下行态势,且 2016 年的年度发生面积(1.62 万 hm^2)已经逼近前一个间歇期的最低值(1987 年 1.52 万 hm^2),因此,从全国年度发生面积的指标来判断,2010 年以来草地螟种群规模已处于历史低位,符合间歇期的发生水平,即我国草地螟种群自 2010 年已进入一个新的发生间歇期。从前一个间歇期的发生面积波动态势看出,我国草地螟种群进入新的暴发周期需要从谷值年积累 5 年以上,因此,即使假定 2016 年就是新一个间歇期的谷值年,那么可以推断未来数年我国草地螟仍将维持间歇期的状态。

3.2　西北地区在新的间歇期中地位凸显

根据华北、东北、西北 3 个地区在第 2、3 个暴发周期及暴发期之后的两个间歇期内年度平均发生面积的 Tukey 法多重比较分析结果显示,华北、东北地区都是暴发周期的发生水平高、间歇期的发生水平低,而西北地区是在本间歇期内发生水平最高、暴发周期次之、前一个间歇期最低。3 个地区在 4 个年度组之间的年度发生面积占全国比率的 Tukey 法多重比较分析结果显示,华北地区在不同历史阶段保持稳定的较高比率,但第 3 个暴发周期以来有略微下降的趋势;东北地区的发生面积比率在暴发周期中较高,在间歇期中较低,且在新的间歇期中大大降低;西北地区的发生面积比率在暴发周期中较低,在间歇期中较高,且在新的间歇期中大大提高、甚至已超过华北地区。与发生面积比率的分析结果类似,根据 3 个地区发生区域比率在新的间歇期与第 3 个暴发周期内的轻、重发生年份对比结果显示,华北地区始终均稳定维持在较高水平;东北地区在重发年份偏高,在轻发年份和间歇期偏低;西北地区在重发年份低,在轻发年份和间歇期高,且新的间歇期内部分年份、代次和虫态的发生区域比率已经超过华北地区。以上结果说明,从我国草地螟不同发生地区的发生面积、发生面积比率以及发生区域比率等指标上衡量,西北地区总是在间歇期中地位更为突出,且在新的间歇期中已经逐步超过了华北地区,成为影响全国草地螟种群发生水平和区域分布的主导力量。因此,西北地区在维持我国北方农牧区草地螟种群中的作用有待进一步评估和验证。

3.3　新疆将成为我国草地螟发生监控的重要区域

3 个地区与全国发生面积的相关性分析表明,在 1979—2016 年的长时间序列上,华北地区、东北地区的波动趋势与全国高度一致;西北地区与全国的波动趋势在第 2、3 个暴发周期的前期以及第 2、3 个暴发周期之间的间歇期不吻合、甚至相反,而自 2005 年以后特别是新的间歇期内,西北地区的波动趋势逐渐与全国趋同。鉴于西北地区的新疆正是从 2005 年开始有草地螟发生面积记载,且自新的间歇期以来[9-14],新疆的发生面积、发生面积比率和发生区域比率维持在较高水平,2012 年北疆出现种群密度高、局部重发的现象,而陕西、宁夏、甘肃等西北其他地区相应指标一直维持在较低的水平,因此可以推断,新疆草地螟种群的建立和发展,改变了西北地区在全国草地螟发生中的地位和作用,从而也改变了全国草地螟种群在时间序列上的年度波动趋势和在空间分布上的区域优势格局。然而,由于新疆草地螟种群的地位和作用是在第 3 暴发周期结束以后的间歇期才显现出来,新疆对于未来全国草地螟种群波动的影响还难以定论,但应该成为年度变化趋势研究和下一个暴发周期预测中不可忽视的重点区域。

参考文献(References):

[1] 屈西锋, 邵振润, 王建强. 我国北方农牧区草地螟暴发周期特点及原因剖析. 昆虫知识, 1999, 36(1): 11-14.

[2] 黄绍哲, 江幸福, 雷朝亮, 罗礼智. 草地螟(*Loxostege sticticalis*)周期性大发生与太阳黑子活动的相关性. 生态学报, 2008, 28(10): 4823-4829.

[3] 罗礼智, 李光博, 曹雅忠. 草地螟第3个猖獗为害周期已经来临. 植物保护, 1996, 22(5): 50-51.

[4] 陈晓, 陈继光, 薛玉, 郝丽萍, 张友, 赵奎军. 东北地区草地螟1999年大发生的虫源分析. 昆虫学报, 2004, 47(5): 599-606.

[5] 屈西峰, 夏冰. 2003年中国草地螟的发生特点和成功治理经验. 中国植保导刊, 2004, 24(1): 22-24.

[6] 罗礼智, 屈西锋. 我国草地螟2004年危害特点及2005年一代危害趋势分析. 植物保护, 2005, 31(3): 69-71.

[7] 罗礼智, 黄绍哲, 江幸福, 张蕾. 我国2008年草地螟大发生特征及成因分析. 植物保护, 2009, 35(1): 27-33.

[8] 曾娟, 姜玉英, 张野. 2009年我国草地螟发生特点及原因分析. 中国植保导刊, 2010, 30(5): 33-36.

[9] 曾娟, 姜玉英. 2010年中国草地螟轻发年份的新特点与成因探讨. 中国农学通报, 2011, 27(18): 273-281.

[10] 曾娟, 姜玉英. 2011年我国草地螟轻发生原因分析. 中国植保导刊, 2012, 32(8): 34-38.

[11] 曾娟, 姜玉英. 我国2012年草地螟发生特点与原因分析. 植物保护, 2014, 40(1): 142-148.

[12] 曾娟, 姜玉英. 2013年我国草地螟轻发特点与原因分析. 中国植保导刊, 2014, 34(11): 46-52.

[13] 曾娟, 姜玉英. 2014年我国草地螟发生情况解析. 植物保护, 2016, 42(4): 194-199.

[14] 曾娟, 刘杰, 姜玉英. 2015年我国草地螟持续轻发. 中国植保导刊, 2016, 36(9): 44-48.

[15] 黄绍哲. 我国草地螟(*Loxostege sticticalis* L.)周期性大发生的特征及原因探索[D]. 武汉: 华中农业大学, 2007: 12-14.

[16] 曾娟. 我国草地螟轻发年份时空特征及其气候背景. 生态学报, 2015, 35(6): 1899-1909.

